

И.Б. Плахотникова, В.П. Маршуба, канд. тех. наук, г. Харьков, Украина

## ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В СВЕТЕ ОБЩЕЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

The features of making of physical model of process of cutting at boring of openings are considered in different materials depending on influence of the physical phenomena on this process in the zone of cutting and zone of treatment. Offered approach to making of physical model, is instrumental in appearance of general mathematical model, which describes the processes of influencing of the physical phenomena between itself and accompanying the deep boring.

**Введение.** В процессе среза и транспортировки стружки, при резании материалов происходит возникновение, протекание и взаимное влияние друг на друга различных по сути физических явлений. Так как известно, что процесс резания, особенно при глубоком сверлении, является многопараметричным, т.е. на данный процесс оказывает влияние большое количество, как переменных, так и постоянных факторов или физических явлений. Следовательно, основой исследований процесса резания различных материалов в современной концепции, а в частности при сверлении глубоких отверстий, является установление основных закономерностей взаимного влияния физических явлений друг на друга. Данные физические явления сопровождают предоставленный процесс и являются неотъемлемой его частью. К основным физическим явлениям необходимо отнести следующие их виды и взаимосвязи:

- образование элементов стружки и фрагментов наростов под действием внешней нагрузки приложенной к режущему инструменту в условиях высоких температур и удельных контактных явлений;
- процесс трения (трение скольжения, граничное трение, и др. однотипные процессы, связанные с данным физическим явлением) при взаимодействии инструментального и обрабатываемого материала с СОТС, или без неё;
- теплообразование, направление потоков и стоков теплоты, распределение температурных полей в детали, режущем инструменте, стружке, СОТС и окружающей среде;
- механическое, адгезионное, химическое и др. взаимодействия инструментального и обрабатываемого материала;
- изнашивание рабочих поверхностей режущих инструментов и обработанной поверхности отверстия;
- транспортировка стружки и фрагментов наростов из зоны резания и зоны обработки, пакетирование стружки в стружечных канавках;
- стойкость режущего инструмента, устойчивость сверл при обработке глубоких отверстий и др.

Кроме рассмотренных выше физических явлений существуют и другие взаимосвязи различных явлений в данном процессе, которые протекают на различных уровнях взаимодействия, т.е. на атомном либо субатомном.

До настоящего времени проникновение в исследованиях процесса резания на субатомный уровень только началось, тогда как без понимания данной проблемы невозможно исследование этого процесса. Поэтому все большее количество ученых приступает к исследованиям различных взаимодействий физических явлений, протекающих в процессе резания на более высоком уровне, по сравнению с предыдущими исследованиями. Однако необходимо отметить, что проникновение на субатомный уровень требует новых подходов к решению данной задачи, так как существующий подход к исследованиям взаимного влияния физических явлений друг на друга требует проведения все большего количества экспериментов, а значит все это приводит к обработке увеличивающегося количества информации из-за роста количества проводимых серий опытов. Такой подход к решению данной задачи является не рациональным и ведет к бесполезным материальным и временным затратам.

Поэтому с целью уменьшения количества проводимых экспериментов переходят к созданию упрощенных моделей различных явлений без учета влияния на него других явлений, с последующей аппроксимацией всех исследуемых явлений в одно единое целое, или создание так называемой физической модели процесса резания. При этом вначале составляются физические модели на отдельные явления, либо на их взаимосвязи (первичные модели), а в дальнейшем производят объединение так называемых первичных моделей в единое целое, или общую модель процесса резания. Такой подход к решению данной задачи несколько снижает проведение большого количества необходимых экспериментов, а следовательно, материальные и временные затраты на проведение различных исследований.

Следующим шагом в понимании сущности процесса резания различных материалов является создание на базе физической модели процесса резания математической модели этого процесса. Данная математическая модель позволит автоматизировать процесс исследований по установленным физическим, химическим и другим закономерностям протекания физических явлений и взаимного влияния друг на друга с использованием компьютеров. Это в свою очередь еще больше уменьшит материальные затраты, связанные с проведением многочисленных серий экспериментов.

Следовательно, понимание сущности построения физической модели процесса резания различных материалов в свете математической модели данного процесса, с учетом достигнутых результатов предыдущих исследований, является особенностью ее создания.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В настоящее время проведены многочисленные исследования по определению взаимосвязей

различных физических явлений процесса резания, в частности, как отдельных явлений, так и в комплексе с другими явлениями. Рассмотрим только отдельные наиболее характерные физические явления их взаимосвязи с другими явлениями, так как в объеме одной статьи учесть все многообразие не возможно.

Первые исследования закономерностей пакетирования стружки в процессе резания материалов были проведены профессором Н.И. Резниковым. Он установил, что при обработке отверстий имеет место образование пакетов стружки в стружечных канавках сверл, без определения физики процесса.

В последних изданиях по данному вопросу, в частности в работе А.К. Синельщикова, Г.В. Филиппова [1] приведены отрывочные данные о физической природе процесса образования пакетов стружки в стружечных канавках сверл малого диаметра, выдвинута гипотеза о влиянии температуры на данный процесс. Однако в этой работе процесс образования стружки не увязывался в полной мере в совокупности с влиянием других физических явлений, сопровождающих процесс трения и теплообразования, хотя и предполагалась такая взаимосвязь. Данные по исследованию процесса пакетирования стружки и фрагментов наростов проводились только для процесса обработки отверстий в стали, тогда как аналогичный процесс обработки отверстий в различных материалах, не рассматривался. Следовательно, при изучении вопроса пакетирования стружки и фрагментов наростов в стружечных канавках режущего инструмента необходимо рассмотреть вопрос влияния теплоты на данное физическое явление.

Исследованиями вопроса возникновения источников тепла и распределения потоков и стоков теплоты при резании материалов, занимались видные ученые, среди которых Я.Г. Усачов, Н.И. Резников, А.М. Даниелян и др.

В изданиях, вышедших в последнее время, посвященных теплофизике процесса обработки металлов резанием, произошло разделение вопроса исследования. В частности работа Резникова А.Н., Резникова Л.А [2], посвящена общей теплофизике процессов резания, тогда как в работе Юджовского П.А. и др. [3] в первую очередь исследовался процесс теплообразования при неглубоком сверлении. В этих работах приведены данные по распределению потоков и стоков теплоты в детали, инструменте и стружке, как при точении, так и при неглубоком сверлении. Однако в этих работах процесс возникновения источников тепла и распределения потоков и стоков теплоты описан не полностью, так как не учитывает в полной мере взаимодействие всех физических явлений, присутствующих при глубокому сверлению, которые не учитываются при неглубоком сверлении. В частности не рассматривается вопрос вторичного перераспределения потоков теплоты в зоне обработки, который служит основным источником появления пакетов стружки в стружечных канавках сверл и второго источника в данной зоне - механическую и адгезионную составляющую силы трения. Следовательно, для большего понимания закономерностей образования пакетов стружки и фрагментов наростов в стружечных канавках режущего инструмента

необходимо рассмотреть вопрос влияния силы трения на физическое явление пакетирования стружки.

Исследованиями вопросов возникновения, протекания и взаимодействия физических и химических явлений процесса трения различных групп материалов занимались видные ученые, среди которых М.Ф. Полетика, Т.Н. Лоладзе, Г.В. Виноградов, И.В. Крагельский и др.

В отечественной технической литературе посвященной рассматриваемому вопросу, вышедшей за последнее время, в частности в работе Г.П. Шпенькова [4], в которой исследованы законы взаимодействия физико-химических явлений процесса трения различных материалов, доказана взаимосвязь механической и адгезионной составляющих силы трения с различными физическими явлениями, сопровождающими процесс резания при образовании отдельного элемента стружки. Указано так же, что влияние физико-химических явлений процесса трения неразрывно связано с взаимодействием других физических явлений, особенно трение связано с образованием определенного количества теплоты в зоне резания. Однако в данной работе не указано влияние механической и адгезионной составляющих силы трения на условия пакетирования стружки в зоне обработки, и процессы, сопровождающие появления этих пакетов.

Следовательно, при изучении вопроса по определению закономерностей образования пакетов стружки и фрагментов наростов в стружечных канавках режущего инструмента необходимо рассматривать вопросы, которые учитывают эту взаимосвязь на основе рассмотренных выше физических явлений, в частности: влияние теплоты и силы трения на данное физическое явление.

Недостатки в проведенных исследованиях по указанным выше вопросам связаны в первую очередь не с компетентностью видных ученых и их последователей, которые проводили данные изыскания, а с тем, что данные закономерности влияния физических явлений лежат на стыке вопросов, рассмотренных в этих работах. Поэтому для большего понимания закономерностей влияния физических явлений друг на друга при пакетировании стружки, необходимо создание физической модели процесса пакетирования стружки в стружечных канавках сверл, которая учтет большую часть не рассматриваемых ранее вопросов и более точно отразит существующие взаимосвязи.

**Цель исследований.** Определить особенности создания физической модели отдельного явления в свете общей математической модели. Взяв за основу разработанный метод построения физической модели отдельного явления и его взаимосвязей, а также существующие закономерности взаимодействия физических явлений между собой, появляется возможность создания общей физической модели процесса резания при обработке глубоких отверстий.

**Изложение основного материала.** Исходя из рассмотренных выше особенностей исследований различных физических явлений, сопровождающих процесс резания, при построении физической модели отдельного явления, приходим к следующему:

- во-первых, каждое явление необходимо разложить на отдельные его «составляющие», как внутренние (характеризующие само явление) так и внешние (т.е. влияние на данное явление «составляющих» других явлений);
- во-вторых, определить взаимосвязи между внешними и внутренними «составляющими» применительно к конкретному явлению;
- в-третьих, определить природу взаимосвязи и первоочередность ее влияния на каждое из «составляющих» отдельного явления;
- в-четвертых, определить первоочередность влияния «составляющих» и их взаимосвязей на само явление;
- в-пятых, определить степень влияния внешних и внутренних «составляющих» и их взаимосвязей на данное явление.

На основе определенных закономерностей построения физической модели отдельного явления представим графическое отображение данных закономерностей (рис. 1).

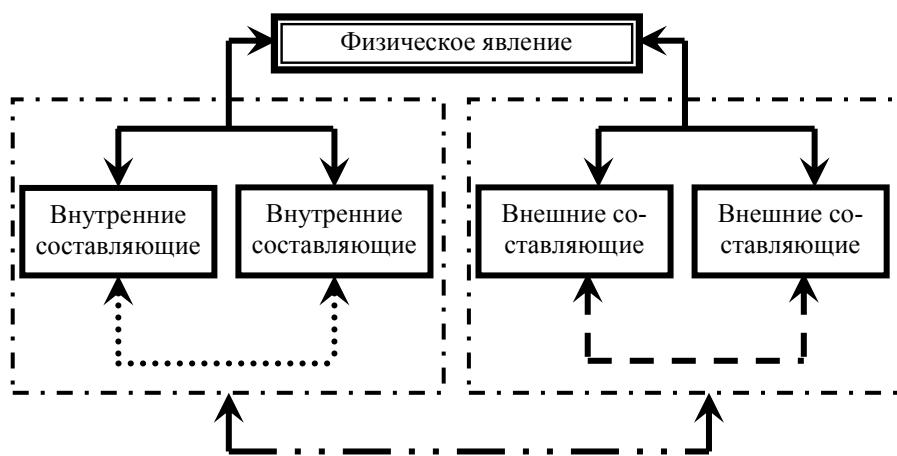


Рис. 1. – Схема физической модели при определении взаимосвязей и «составляющих» отдельного явления. Стрелками показано направление действия взаимосвязей между «составляющими» этого физического явления, типом стрелок определяется первоочередность действия взаимосвязей.

На рисунке 1 схематично представлены внутренние и внешние «составляющие» объединенные в совместные группы, которые влияют на отдельное физическое явление и их взаимосвязи между собой. Как видно из рисунка, здесь не учитывается степень влияния взаимосвязей и их первоочередность, поэтому

необходимо ввести несколько допущений в построение данной схемы. Первоочередность влияния взаимодействий между составляющими определяется установленным видом соединительных линий-связей со стрелками заданных отдельно. При этом стрелка линии указывает направление действия взаимосвязи, тогда как при наличии стрелок с двух сторон предполагается действие этой взаимосвязи в обоих направлениях. Степень влияния в графическом изображении можно учесть, только определив соответствующую взаимосвязь линейным, квадратным или другим видом уравнений, что присуще математической модели. Поэтому построение первичной физической модели без математического определения условий взаимного влияния явлений друг на друга невозможно, либо будет выполнено схематично. Однако наглядное определение существующих взаимосвязей между отдельными «составляющими» предоставляет возможность изображения процесса протекания отдельного физического явления, как в целом, так и в частном.

Кроме указанных на рис. 1. «составляющих» и их взаимосвязей отдельных физических явлений появляется возможность связывания отдельных явлений в общую физическую модель процесса резания и представления отдельной схемой (рис. 2).

Отсюда следует, что применительно к построению общей физической модели процесса резания, необходимо перейти от условий определения влияния отдельного явления, рассмотренного выше, к составлению общей картины взаимосвязей всех физических явлений, которые являются неотъемлемой частью рассматриваемого процесса, на основании этого приходим к следующему:

- во-первых, необходимо определить необходимое или достаточное количество физических явлений, которые в полной мере описывают процесс резания конкретного материала или группы материалов в определенных условиях, например: глубокое сверление;
- во-вторых, необходимо определить основные и вспомогательные взаимосвязи между различными физическими явлениями и их взаимосвязями, сопровождающими данный процесс;
- в-третьих, необходимо определить степень и первоочередность взаимного влияния отдельных физических явлений, как на другие явления, так и процесс резания в целом;
- в-четвертых, необходимо установить основные зависимости возникновения, протекания и угасания отдельных трансформирующихся физических явлений от остальных явлений, которые при определенных условиях могут не возникать либо протекать по различным вариантам, т.е. быть переменными;
- в-пятых, определить механизмы уменьшения вредного влияния отдельных переменных физических явлений на природу процесса резания, и определить возможности и устранения их вредного воздействия.

На основе определенных закономерностей, обуславливающих построение физической модели процесса резания различных материалов, в частности обработки глубоких отверстий, представим графическое отображение данных закономерностей (рис. 2).

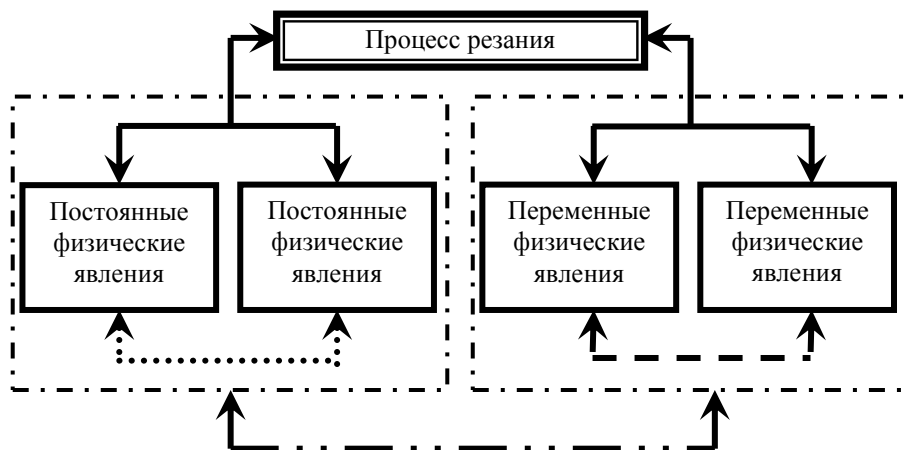


Рис. 2. – Схема физической модели при определении взаимосвязей между явлениями и в процессе резания. Стрелками показано направление действия взаимосвязей между физическими явлениями, типом стрелок определяется первоочередность действия взаимосвязей.

На рисунке 2 схематично представлены физические явления, которые сопровождают процесс резания и объединенные в совместные группы, которые влияют на процесс постоянно либо временно, а также взаимосвязи между явлениями. Как видно из рисунка, здесь не учитывается степень влияния взаимосвязей и их первоочередность, как и в предыдущем рисунке, поэтому необходимо ввести несколько допущений в построение данной схемы. Первоочередность влияния взаимосвязей физических явлений определяется установленным видом соединительных линий-связей со стрелками заданных отдельно. При этом стрелка линии указывает направление действия взаимосвязи между физическими явлениями, тогда как при наличии стрелок с двух сторон предполагается действие этой взаимосвязи в обоих направлениях. Степень влияния в графическом изображении можно учесть, только определив соответствующую взаимосвязь линейным, квадратным или другим видом уравнений, что присуще математической модели. Поэтому построение первичной физической модели без математического определения условий взаимного влияния явлений друг на друга невозможно, либо будет выполнено схематично. Однако наглядное определение существующих взаимосвязей между отдельными физическими явлениями и возможность определения направления действий взаимосвязей предостав-

ляется возможность изображения протекания процесса резания, как в целом, так и в частном.

#### Выводы:

1. Наглядное представление процесса резания различных материалов предполагает создание схемы влияния различных физических явлений между собой, а также возможность определения их взаимосвязей.
2. Схематизация процесса резания или создание так называемой «физической модели» взаимосвязей между физическими явлениями, а также первоочередность действия взаимосвязей между явлениями дает наглядное представление об этом процессе, как в целом, так и частном.
3. При создании физической модели процесса резания возможно задание направления действия взаимосвязей между явлениями, их первоочередность и вероятность определения влияния одного явления на другое.
4. Физическую модель процесса резания представляется возможным разбить на физические модели отдельных физических явлений с учетом их действия на другие явления.
5. Схематизация физической модели отдельного явления предполагает разбивку отдельного явления на его «составляющие» и определение взаимосвязей между ними, а также дает наглядное представление об этом явлении, как в целом, так и частном.
6. При создании физической модели отдельного физического явления возможно задание направления действия взаимосвязей между внешними и внутренними «составляющими», их первоочередность и возможность определения влияния отдельного «составляющего» на другое «составляющее».
7. Несовершенство физических моделей процесса резания и отдельного физического явления можно компенсировать созданием математических моделей данного процесса или явления.

**Список литературы:** 1. Синельников А.К., Филиппов Г.В. Повышение эффективности обработки спиральными сверлами. // Станки и инструмент. - 1974. - №3. - С. 35-37. 2. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. - М.: Высш. школа, 1985. - 304 с. 3. Юдковский П.А., Крючков И.К., Шевель А.П. Повышение качества спиральных сверл. - Челябинск: Южно-Уральское кн. изд., 1970. - 110 с. 4. Шеньков Г.П. Физикохимия трения. Мн.: Университетское, 1991.-397 с.

Поступила в редколлегию 15.05.06